

Zr 기지 분산핵연료의 계면접합과 계면반응 현상 및 기구 Phenomena and Mechanism on Interfacial Reaction of Zr-based Dispersion Nuclear Fuel

손웅희, 홍순형
한국과학기술원
대전시 유성구 구성동 373-1

김창규

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

지르코늄 기지와 알루미늄 피복재를 450-550°C의 온도와, 5-80MPa의 가압력, 1분에서 180분의 가압 시간에 따른 확산 접합 실험후의 계면 미세조직 관찰 결과 접합초기에는 압축하중이 가해질 때 접합될 재료가 기계적으로 밀착되는 단계로 표면의 돌기부(asperity)가 소성 변형되고 산화층이 부서지거나 변형되는 것을 볼 수 있다. 접합이 진행됨에 따라 첫 번째 단계에서 접촉이 일어나지 않은 부분은 가늘고 긴 공공(void)으로 존재하는데, 접합이 진행됨에 따라 이러한 공공은 계면에너지가 안정되기 위해 구상화한다. 접합이 더욱 진행되면 입계확산에 의해 공공은 점점 소멸하고, 체적확산에 의한 결정립내에 형성된 기공이 축소되는 과정을 거쳐서 접합이 이루어졌다. 지르코늄 기지와 알루미늄 피복재의 접합 특성을 향상시키기 위하여 알루미늄의 산화막을 제거시키기 위한 방법으로 두가지 방법을 제시하였는데, 첫 번째 가압력 증가에 의한 방법은 가압력 증가 및 지르코늄의 표면거칠기를 증가시킬수록 표면 산화막을 깨뜨리는 현상이 증가하여 접합 특성을 향상시키는 것으로 판단되었다. 지르코늄 기지와 알루미늄 피복재의 접합 계면의 열적 안정성 해석을 위하여 열처리한 결과 연속의 Al₃Zr 상과 불연속의 Al₂Zr 상의 두 상이 형성되는 것을 EDAX 분석을 통해서 파악할 수 있었다. 이러한 상이 성장하는 원인을 분석하기 위하여 계면 생성물의 시간에 따른 성장거동을 살펴본 결과, 계면 생성물은 등은 열처리 시간의 1/2 승, 즉 \sqrt{t} 에 비례하는 것을 알 수 있었으며, 이는 Al 원자의 확산이 계면 생성물 형성에 주요 제어 인자인 것으로 판단된다. 지르코늄 기지와 알루미늄 피복재의 접합 계면에서의 반응현상을 이해하기 위하여 확산현상에 관련되는 중요한 현상으로 금속간화합물의 성장을 관찰하였는데 이에 관련하여 접합온도 이하에서의 금속간화합물의 상안정성을 평가하기 위해 활성화에너지를 측정한 결과 약 155 kJ/mol의 값으로 측정되었다.

HIMET 핵연료의 고온 인장 특성

The Tensile Properties of HIMET Fuel at elevated temperature

강일호, 김인섭
한국과학기술원
대전광역시 유성구 구성동 373-1

오제용, 손동성, 조항식, 이종탁
한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

HIMET 금속 핵연료에 사용된 피복재인 Zr-1%Nb 합금과 심재인 40%U-Zr 합금의 기계적 성질 중에서 인장실험을 수행하였다. 고온과 산화방지를 위해서 새로운 인장 실험 시스템을 구성하였고, 변형률은 1×10^{-4} /sec으로 상온에서 600°C 까지 100°C 간격으로 인장 실험을 수행하여 나온 결과를 연구 분석하였다. Zr-1%Nb 합금인 경우는 300-400 °C 구간에서 α -Zr 기지내에 β -Nb 석출물과 산소 원자와 전위들간의 상호작용으로 판단되는 동적변형시효(DSA)현상으로 기울기가 평탄한 영역이 보였다. 한편, 40%U-Zr 합금에서는 온도와 연신률의 변화 그래프에서 보면, 상온에서 200°C까지는 연신률이 취성 파괴(brittle fracture) 양상으로 낮은 값을 보였으며, 온도가 더 증가하면서 연신률이 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과는 인장 성질에 미치는 가장 중요한 인자인 시편 제조 공정의 영향, 변형률 및 시험온도의 영향으로 인한 결과로 판단된다.